



Stany wód i ich amplitudy w ciekach w małych zlewniach leśnych w roku wilgotnym na przykładzie zlewni Rowu Rakowskiego

Rafał Stasik

Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań

1. Wstęp

Środowisko leśne, poza znaczną ilością biomasy, charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem zarówno pod względem siedlisk, drzewostanów i ich wieku jak i innych elementów przyrodniczych i fizjograficznych [6]. Stąd też funkcjonowanie gospodarki wodnej lasu jest znacznie bardziej złożone w porównaniu do użytków zielonych czy gruntów ornych. O specyfice obszarów leśnych decydują między innymi czynniki takie jak: zatrzymanie opadów przez korony drzew zależnie od gatunku, zwarcia i struktury drzewostanu, od wielkości, natężenia i czasu trwania opadu [8] oraz duże zdolności retencyjne obszarów leśnych [2, 12].

Aktualnie coraz większą uwagę przywiązuje się do pozaprodukcyjnej roli lasu w środowisku przyrodniczym [3]. Dlatego też liczne publikacje wskazują na duże znaczenie lasów w gospodarce wodnej zlewni [3, 6, 9÷11]. Pomiaru stanów wód powierzchniowych i gruntowych stanowią jeden z najprostszych środków badawczych pozwalających na

analizę tejże gospodarki. Celem niniejszej pracy była analiza stanów wód i ich amplitud w małych zlewniach leśnych w roku wilgotnym.

2. Materiały i metody

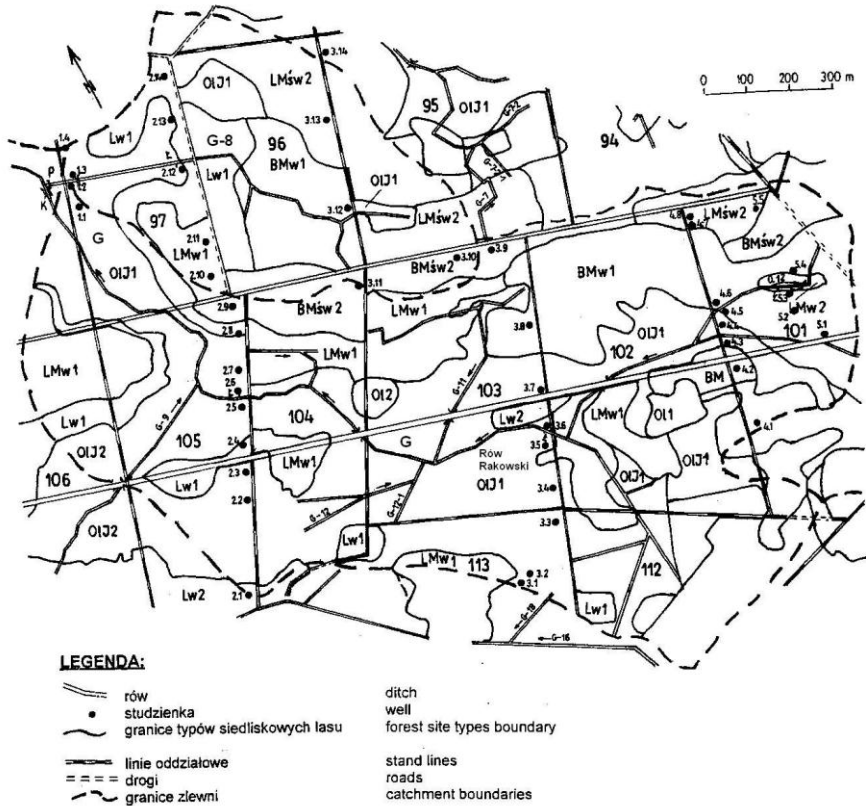
Badania i obserwacje terenowe prowadzone były w zlewni Rowu Rakowskiego, oznaczonego na mapach melioracyjnych jako rów G, zlokalizowanej na obszarze Leśnictwa Marianka należącego do leśnego zakładu Doświadczalnego Siemianice Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Do szczegółowej analizy wybrano wyniki badań i pomiarów przeprowadzonych w roku hydrologicznym 2001 pochodzące z przekroju 2 rowu G oraz prawobrzeżnego dopływu, rowu G-8 (rys. 1).

Prowadzone w analizowanych zlewniach podstawowe badania i obserwacje terenowe obejmowały między innymi systematyczne cotygodniowe pomiary stanów wody w przekrojach zlewni, w których zainstalowano łąty wodowskazowe oraz pomiary opadów atmosferycznych deszczomierzem Hellmanna.

W pracy wykorzystano także wyniki pomiarów temperatur powietrza z posterunku meteorologicznego LZD Siemianice, oraz dane z map glebowo-siedliskowych zawarte w Operacji glebowo siedliskowym LZD Siemianice [5].

3. Wyniki i dyskusja

Powierzchnia badanej zlewni rowu G wynosi $3,27 \text{ km}^2$, a jej lesistość 65 %. Charakterystyczną cechą tej zlewni jest dominacja siedlisk bagiennych, położonych w najniższych partiach terenu, w pobliżu cieku (rys. 1). Stanowią one łącznie 50,6 % powierzchni leśnej zlewni. Wśród siedlisk bagiennych dominują olesy jesionowe. Duży udział w powierzchni leśnej tej zlewni mają również siedliska wilgotne – lasy wilgotne oraz lasy i bory mieszane wilgotne, zajmujące łącznie 31,0 % powierzchni zalesionej. Pozostałą część powierzchni leśnej (18,4 %) stanowią siedliska świeże. Powierzchnia zlewni rowu G-8 wynosi $0,32 \text{ km}^2$ i jest w 100 % zalesiona. 63 % stanowią siedliska bagienne i wilgotne, głównie olesy jesionowe, charakteryzujące się wysokim poziomem zalegania wód gruntowych i najczęściej niewielką rezerwą retencji, oraz lasy i bory mieszane wilgotne.



Rys. 1. Mapa leśnej części zlewni rowów G i G-8. Oznaczenia: Ol – oles, OIJ – oles jesionowy, Lw – las wilgotny, LMw – las mieszany wilgotny, LMŚw – las mieszany świeży, BMw – bór mieszany wilgotny, BMŚw – bór mieszany świeży

Fig. 1. Map of forest part of G and G-8 catchments. Descriptions: Ol – alder carr forest, OIJ – ash-alder swamp forest, Lw – moist broadleaved forest, LMw – moist broadleaved mixed forest, LMŚw – fresh broadleaved mixed forest, BMw – moist mixed coniferous forest, BMŚw – fresh mixed coniferous forest

W analizowanym roku hydrologicznym 2001 suma opadów atmosferycznych wyniosła 689 mm i była o 117 mm wyższa od średniej z wielolecia (tab. 1). Prawdopodobieństwo wystąpienia takiej sumy opadu wraz z wyższymi wg krzywej prawdopodobieństwa opracowanej metodą Dębskiego [1] wynosi 1 raz na 5 lat, a rok ten pod względem sumy opadów można zaliczyć do wilgotnych. W półroczu zimowym suma opadów wy-

niosła 227 mm i była o 20 mm wyższa od średniej z wielolecia dla tego okresu. Prawdopodobieństwo wystąpienia takiej sumy opadów wraz z wyższymi w półroczu zimowym wynosi około 1 raz na 3 lata. Najmniejsza suma opadów wystąpiła w lutym i wyniosła 17 mm i była o 8 mm niższa od wartości średniej z wielolecia wynoszącej dla tego miesiąca 25 mm.

Prawdopodobieństwo wystąpienia takiej sumy opadu wraz z wyższymi wg krzywej prawdopodobieństwa opracowanej metodą Dębskiego [1] wynosi 1 raz na 5 lat, a rok ten pod względem sumy opadów można zaliczyć do wilgotnych. W półroczu zimowym suma opadów wyniosła 227 mm i była o 20 mm wyższa od średniej z wielolecia dla tego okresu. Prawdopodobieństwo wystąpienia takiej sumy opadów wraz z wyższymi w półroczu zimowym wynosi około 1 raz na 3 lata. Najmniejsza suma opadów wystąpiła w lutym i wyniosła 17 mm i była o 8 mm niższa od wartości średniej z wielolecia wynoszącej dla tego miesiąca 25 mm.

Tabela 1. Miesięczne, półroczne i roczne sumy opadów atmosferycznych i temperatur powietrza oraz ich odchylenia od średniej z wielolecia 1975÷2001 w roku hydrologicznym 2001

Table 1. Month, half-year and year precipitation sums and air temperature and their deviations from multiyear 1975÷2001 average in hydrological year 2001

| miesiąc okres month period | opad [mm] precipitation | | temperatura [°C] temperature | |
|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| | suma sum | odchylenie deviation | średnia average | odchylenie deviation |
| XI | 57 | +17 | 7,8 | +4,3 |
| XII | 39 | -2 | 2,8 | +2,8 |
| I | 24 | -7 | 0,9 | +1,9 |
| II | 17 | -8 | 1,1 | +1,2 |
| III | 46 | +11 | 3,4 | -0,4 |
| IV | 44 | +9 | 8,8 | +0,3 |
| V | 64 | +12 | 15,4 | +0,8 |
| VI | 87 | +25 | 15,8 | -1,2 |
| VII | 137 | +53 | 20,4 | +1,5 |
| VIII | 46 | -24 | 20,5 | +1,9 |
| IX | 108 | +52 | 12,7 | -1,4 |
| X | 19 | -21 | 13,0 | +3,7 |
| XI÷IV | 227 | +20 | 4,1 | +1,7 |
| V÷X | 462 | +97 | 16,3 | +0,9 |
| XI÷X | 689 | +117 | 10,2 | +1,3 |

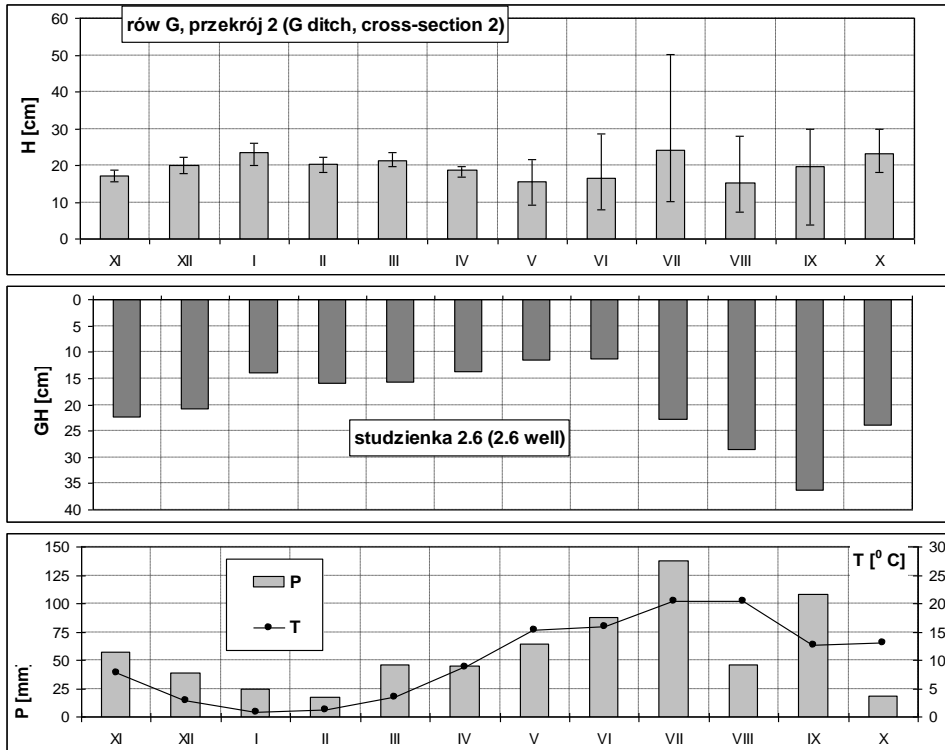
W półroczu letnim suma opadów atmosferycznych wyniosła 462 mm i była o 97 mm wyższa od wartości średniej (tab. 1). Prawdopodobieństwo wystąpienia takiego opadu wraz z wyższymi wynosi około 1 raz na 5 lat. Największa miesięczna suma opadów wystąpiła w półroczu letnim w lipcu i wyniosła aż 137 mm. Średnia z wielolecia suma opadów atmosferycznych dla tego miesiąca wynosi 84 mm. Na tak dużą sumę opadów w półroczu letnim wpływ miała także znaczna suma opadów jakie wystąpiły we wrześniu. Opad w tym miesiącu niemal dwukrotnie przewyższył wartość średnią z wielolecia i wyniósł 108 mm.

Średnia temperatura powietrza w roku hydrologicznym 2001 wyniosła 10,2°C i była ona o 1,3°C wyższa od średniej z wielolecia (tab. 1). W półroczu zimowym średnia temperatura powietrza wyniosła 4,1°C i była o 1,7°C wyższa od średniej. Najchłodniejszym miesiącem był styczeń, w którym średnia temperatura wyniosła 0,9°C i była o 1,0°C wyższa od średniej z wielolecia dla tego miesiąca. Natomiast półrocze letnie charakteryzowało się średnią temperaturą powietrza 16,3°C, która była wyższa od średniej z wielolecia o 0,8°C. Najcieplejszym miesiącem był sierpień ze średnią temperaturą 20,5°C. Natomiast średnia z wielolecia dla tego miesiąca wynosi 18,7°C. Temperatura powietrza w obu półroczach była więc wyższa od wartości średnich w wieloleciu. Podsumowując dane meteorologiczne dla roku hydrologicznego 2001 można zatem stwierdzić, że był to rok wilgotny a jednocześnie ciepły.

W półroczu zimowym 2001 w rowie G w przekroju 2 najniższe stany wody obserwowano w listopadzie. Stan średni wyniósł w tym miesiącu 17,1 cm (rys. 2). Mimo niskich sum opadów atmosferycznych w kolejnych miesiącach stany wody nieznacznie się podniosły, osiągając najwyższe wartości w styczniu, w którym średni stan wody wyniósł 23,5 cm. W tym samym okresie obserwowano także stopniowe podnoszenie się stanów wód gruntowych w pobliskiej studziencie 2.6, które w styczniu wyniosły średnio 33,8 cm poniżej poziomu terenu. Pod koniec półrocza zimowego stany wód w rowie G w przekroju 2 obniżyły się, osiągając w kwietniu wartość średnią wynoszącą 18,7 cm. Należy zwrócić uwagę, że stany wód w cieku G w przekroju 2 w półroczu zimowym były wyrównane, a amplitudy ich wahań w poszczególnych miesiącach były nieznaczne i nie przekraczały kilku centymetrów (rys. 2). Znacznie większym zróżnicowaniem charakteryzowały się natomiast stany wody w badanym przekroju w półroczu letnim. Było to

widoczne już na początku tego okresu w maju, w którym różnica między stanem minimalnym a maksymalnym wyniosła ponad 10 cm.

Najwyższy stan wody w rowie G w przekroju 2 w półroczu letnim zanotowano w lipcu i było to też ekstremum roku hydrologicznego 2001. Stan maksymalny wyniósł wówczas 50,3 cm a stan średni 24,1 cm. Wysokie stany wody w cieku były spowodowane znaczną sumą opadów, jaka wystąpiła w czerwcu (87 mm) i lipcu (137 mm). Opady te jednak nie spowodowały podniesienia się zwierciadła wody gruntowej.

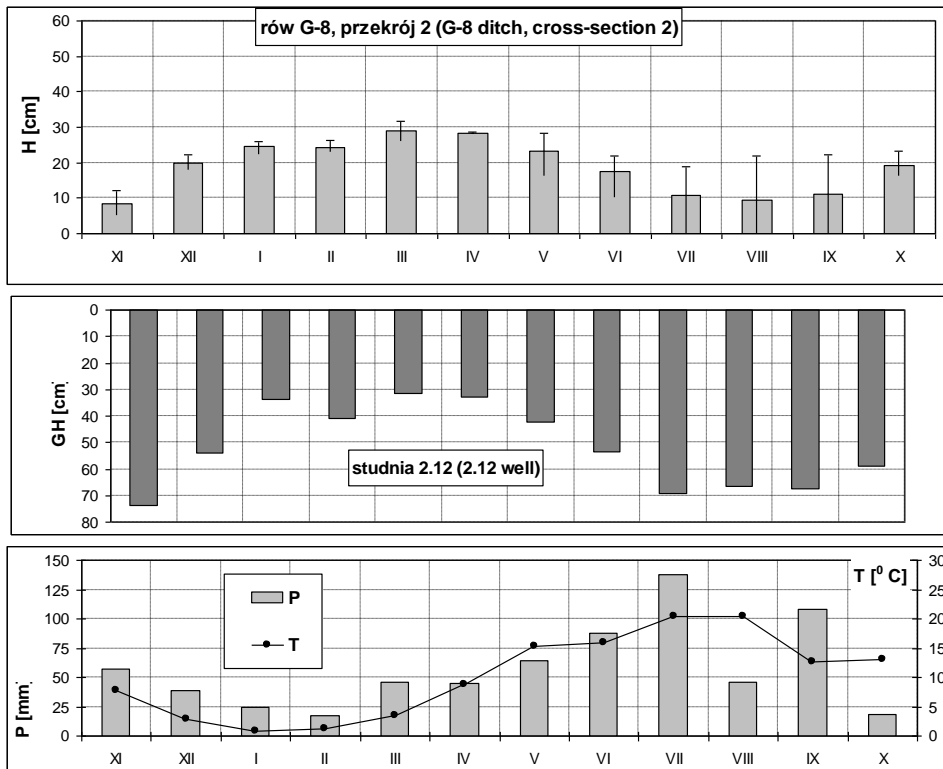


Rys. 2. Średnie stany wody (H) w rowie G w przekroju 2 oraz stany wód gruntowych (GH) w studzienka 2.6 na tle miesięcznych sum opadów atmosferycznych (P) i średnich miesięcznych temperatur powietrza (T) w roku hydrologicznym 2001

Fig. 2. Average water levels (H) in G ditch in cross-section G-2 and groundwater levels (GH) in 2.6 well against monthly precipitation sums (P) and average air temperature (T) in hydrological year 2001

Jej stany w pobliskim drzewostanie w studzience 2.6 wyraźnie się obniżały od początku półrocza letniego (rys. 2) aż do września. Nieco wyższy stan wody gruntowej stwierdzono dopiero pod koniec roku hydrologicznego, w październiku.

W sierpniu przy wyraźnie niższej sumie opadów i średniej temperaturze powietrza przekraczającej 20°C stany wód w cieku wyraźnie się obniżyły, i średni stan w tym miesiącu wyniósł 15,2 cm.



Rys. 3. Średnie stany wody (H) w rowie G-8 w przekroju 2 oraz średnie stany wód gruntowych (GH) w studzience 2.12 na tle miesięcznych sum opadów atmosferycznych (P) i średnich miesięcznych temperatur powietrza (T) w roku hydrologicznym 2001

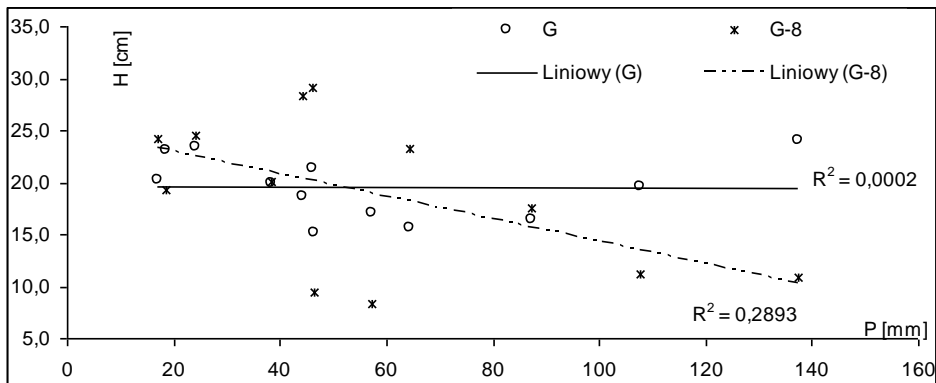
Fig. 3. Average water levels (H) in G-8-ditch in cross-section 2 and average groundwater levels (GH) in 2.12 well against monthly precipitation sums (P) and average air temperature (T) in hydrological year 2001

Pod koniec półrocza letniego, po znacznych opadach we wrześniu stany wód podniosły się. Przedstawione na rys. 2 dane wskazują na znacznie większe amplitudy wahań stanów wód w rowie G w półroczu letnim w porównaniu z półroczem zimowym. Taki przebieg stanów wody w cieku spowodowany był zarówno zróżnicowaniem wielkości opadów atmosferycznych w poszczególnych miesiącach jak i temperaturami powietrza. W półroczu letnim stany wód gruntowych były znacznie wyraźniej kształtowane przez intensywny proces ewapotranspiracji w porównaniu z półroczami zimowymi, co potwierdza obniżanie się stanów wód gruntowych mimo znacznych sum opadów w półroczu letnim.

W rowie G-8 w przekroju 2 w półroczu zimowym 2001 najniższe charakterystyczne stany wody obserwowano w listopadzie. Średni stan wyniósł w tym miesiącu 8,4 cm. W następnych miesiącach stany wody w rowie G-8 podnosiły się, pomimo malejących sum opadów atmosferycznych (rys. 3), podobnie jak to miało miejsce w rowie G. Maksymalny stan średni wystąpił w marcu i wyniósł 29,1 cm, przy sumie miesięcznej opadu atmosferycznego w tym miesiącu wynoszącej 46,1 mm. W przekroju 2 rowu G-8 średnie stany wody były wyraźnie wyższe w półroczu zimowym w porównaniu do półrocza letniego, pomimo wyraźnie wyższych opadów w półroczu letnim (rys. 3). Wraz z początkiem półrocza letniego stany wody zaczęły się obniżać. W lipcu, sierpniu oraz wrześniu rów G-8 okresowo nie prowadził wody, a wody gruntowe w pobliskiej studzience 2.12 zalegały na znacznej głębokości. W miesiącach tych podobnie jak w rowie G, także i w przekroju 2 rowu G8 wystąpiły także największe amplitudy stanów wody.

Jak widać z przedstawionych wykresów średnich stanów wód w przekroju 2 rowów G i G-8 w roku 2001 miały podobny przebieg. W półroczu zimowym obserwowano wyraźne podnoszenie się stanów wód, pomimo zmniejszających się sum opadów w okresie od listopada do stycznia. Należy zwrócić uwagę, że w miesiącach tych obserwowano też podnoszenie się zwierciadła wody gruntowej w studzienkach zlokalizowanych w przyległych siedliskach leśnych, co wskazuje na napływ wód z wyższych partii zlewni. W półroczu zimowym stopniowo zmniejsza się proces parowania terenowego. Minimalna transpiracja drzewostanów, brak liści w drzewostanach liściastych oraz zamieranie podszytu sprawiają, że woda opadowa jest w znacznie mniejszym stopniu przechwytywana w procesie intercepcji. Wpływa to na zwiększenie opadu efektywnego, który zasila badane przekroje rowów. Brak transpiracji

drzewostanów sprawia też, że znaczna część wody opadowej zasila wody gruntowe i powoduje ich podnoszenie się w niższych partiach zlewni. Wraz z początkiem okresu wegetacyjnego, na początku kwietnia, rozpoczyna się także stopniowy wzrost transpiracji drzewostanów. Coraz intensywniejsza ewapotranspiracja powoduje wyczerpywanie się wody ze strefy aeracji jak i wyraźne obniżanie się stanów wód gruntowych. Większa, w porównaniu z półroczem zimowym, część wody opadowej jest też przechwytywana w procesie intercepcji. Stąd też średnie stany wód w ciekach w półroczach letnich są niższe w porównaniu z półroczami zimowymi mimo znacznie wyższych w tym okresie sum opadów atmosferycznych. Potwierdzeniem tego może być rys. 4. Analiza regresji liniowej wykazała, brak zależności między miesięcznymi sumami opadów atmosferycznych, a średnimi stanami wody w obu ciekach.

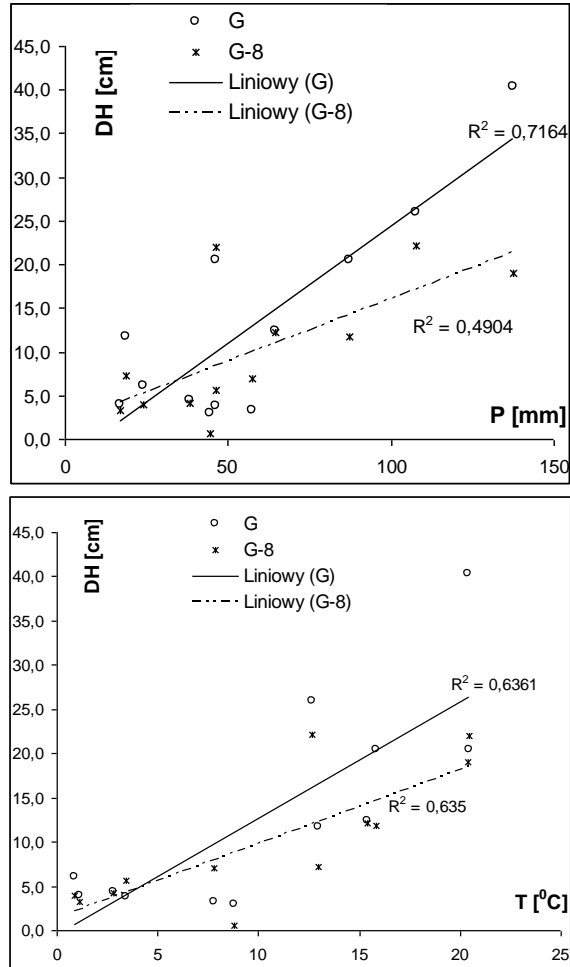


Rys. 4. Zależność miesięcznych amplitud stanów wody (DH) w przekroju 2 w rowie G i G-8 od miesięcznych sum opadów atmosferycznych i średnich miesięcznych temperatur powietrza w roku hydrologicznym 2001

Fig. 4. Relationship between monthly amplitudes of water levels and average monthly temperatures in G and G-8 ditches in cross-section 2 in 2001 hydrological year

Jak wynika z danych przedstawionych dla obu analizowanych cieków w poszczególnych miesiącach letnich obserwowane są większe różnice pomiędzy stanami minimalnymi a maksymalnymi, podczas gdy amplitudy wahań stanów wody w półroczu zimowym są niewielkie. Na rys. 5 przedstawiono zależności pomiędzy miesięcznymi sumami opadów oraz średnimi miesięcznymi temperaturami powietrza, a wielko-

ściami amplitud wahań stanów wody w przekroju 2 rowu G i G-8 w poszczególnych miesiącach.



Rys. 5. Zależności miesięcznych amplitud stanów wody (DH) w przekroju 2 w rowie G i G-8 od miesięcznych sum opadów atmosferycznych i średnich miesięcznych temperatur powietrza w roku hydrologicznym 2001

Fig. 5. Relationships between monthly amplitudes of water levels (DH) and monthly precipitation sums as well as average monthly temperatures in G and G-8 ditches in cross-section 2 in 2001 hydrological year

Analiza tych zależności wykazała, że wraz ze wzrostem miesięcznych sum opadów atmosferycznych oraz średnich temperatur powietrza wzrastają także amplitudy wahań stanów wód w analizowanych ciekach. Zależności te są istotne na poziomie $\alpha=0,05$ i wskazują one, że poza opadami atmosferycznymi bardzo istotną rolę w kształtowaniu amplitud stanów wody mają także temperatury powietrza, a co za tym idzie transpiracja drzewostanów.

4. Wnioski

1. W rok hydrologicznym 2001 suma opadów atmosferycznych wyniosła 689 mm a prawdopodobieństwo jej wystąpienia wraz z wyższymi wynosi 1 raz na 5 lat. Przy średniej rocznej temperaturze powietrza wynoszącej $10,2^{\circ}\text{C}$, która była o $1,3^{\circ}\text{C}$ wyższa od średniej wartości z wielolecia rok hydrologiczny 2001 można uznać za wilgotny i ciepły.
2. W półroczu zimowym roku 2001 obserwowano stopniowy wzrost wartości średnich stanów wód w przekroju 2 w rowie G i G-8, mimo malejących sum opadów atmosferycznych w poszczególnych miesiącach. Najwyższe średnie stany wód zaobserwowano w rowie G w styczniu natomiast w rowie G-8 w marcu. Wyniosły one odpowiednio 23,5 cm oraz 29,1 cm.
3. W półroczu letnim najwyższy stan wody w rowie G zaobserwowano w lipcu (24,1 cm) a najniższy w sierpniu (15,2 cm). W rowie G-8 natomiast najwyższe stany wód zaobserwowano na początku i końcu półrocza letniego.
4. Analiza statystyczna wykazała brak korelacji liniowej pomiędzy miesięcznymi sumami opadów atmosferycznych a średnimi stanami wód w obu ciekach.
5. Amplitudy wahań stanów wód w analizowanym przekroju 2 w poszczególnych miesiącach półrocza zimowego były w obu ciekach niewielkie i nie przekraczały kilku centymetrów. W półroczu letnim amplitudy stanów wody były wyraźnie większe w porównaniu z półroczem zimowym roku 2001. Różnice pomiędzy minimalnymi a maksymalnymi stanami wody w półroczu letnim wyniosły od kilkunastu do nawet kilkudziesięciu centymetrów.

6. Analiza statystyczna wykazała, że poza miesięcznymi sumami opadów wielkości amplitud miesięcznych stanów wody były związane przede wszystkim ze średnimi miesięcznymi temperaturami powietrza. Wskazuje to na decydującą rolę transpiracji drzewostanów w kształtowaniu gospodarki wodnej małych zlewni leśnych.

Literatura

1. **Dębski K.:** *Hydrologia*. Arkady, Warszawa, ss. 368. 1970.
2. **Hodentt M.G., Pimentel da Silva L., da Rocha H. R., Cruz Senna R.:** *Seasonal soil water storage changes beneath central Amazonian rainforest and pasture*. Journal of Hydrology 170, 233÷254, 1995.
3. **Kosturkiewicz A.:** *Studia hydrologiczne w zlewni leśnej do potrzeb gospodarki wodnej*. Prace IMGW, tom 3, zeszyt 2. 1967.
4. *Polityka Leśna Państwa*. Ministerstwo Ochrony Środowiska Zasobów naturalnych i Leśnictwa. Druk: Oficyna Edytorska „Wydawnictwo Świat”, Warszawa, 9. 1997.
5. *Operat glebowo siedliskowy i fitosocjologiczny LZD Siemianice*. Zakład Usług Ekologicznych i Urzędzeniowo Leśnych Poznań. 1999.
6. **Ostrowski S.:** *Las w bilansie wodnym zlewni nizinnej rzeki Sokółdy*. Prace IBL, 290: 3÷81, 1965.
7. **Stasik R., Szafranski Cz., Korytowski M.:** *Zdolności retencyjne siedlisk leśnych w małych zlewniach*. Zeszyt Nauk Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Koszalińskiej. 2003.
8. **Stryła S.:** *Urządzenia wodno melioracyjne w lasach*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 1970.
9. **Sun G., McNulty S.G., Lu J., Amatya D.M., Liang Y., Kolka R.K.:** *Regional annual water yield from forest lands and its response to potential deforestation across the southern United States*. Journal of Hydrology 308, 258÷268, 2005.
10. **Swank W.T., Douglass J.E.:** *Streamflow greatly reduced by converting deciduous hardwood stands to pine*. Science 336, 857÷859, 1974
11. **Tyszka J.:** *Rola i miejsce lasu w kształtowaniu stosunków wodnych w zlewni rzecznej*. Sylwan, Nr 11: 67÷80. 1995.
12. **Wahren A., Shwärzel K., Feger K. H., Münch A., Ditttrih I.:** *Identification and model based assessment of the potential water retention caused by land-use changes*. Advances in Geocities, 11, 49÷56. 2007.

Water Levels and Their Amplitudes in Watercourses in Small Forest Catchments in Wet Year

Abstract

The paper presents the results of research on water levels and their amplitudes at small forest catchments. The research and observations were carried out at Rakowski Ditch catchment located at area of Marianka Forestry belonging to Siemianice Forest Experimental Farm of Poznań University of Life Science. The research was carried out in two small forest catchments of Rakowski Ditch located in Forest Experimental Station Siemianice of Poznań University of Life Sciences.

The precipitation sum was 689 mm in selected 2001 hydrological year. The probability of such precipitation was approximately 1 per 5 year. According to the precipitation sums and air temperature which was 1.3°C higher than multiyear average 2001 hydrological year can be found as a wet and warm one.

An increase of water levels in water course were observed in spite of decrease of monthly precipitation sums in winter half-year. Statistic analysis indicated lack of linear correlation between monthly precipitation sums and average water levels in both water courses. The amplitudes of water levels were small and they did not exceed several centimeters in both water courses in particular months of winter half-year. The significantly higher amplitudes of water levels were observed in summer half-year than in winter half-year of 2001 hydrological year. The differences between the highest and the lowest water levels were from a number to over a dozen. Statistic analysis indicated that the rank of amplitudes were correlated both with monthly precipitation sums and average monthly temperature. It indicates decisive role of tree stand transpiration on water management in small forest catchment.

